

Budowle organiczne w utworach górnej jury przedgórza Karpat – aktualny stan rozpoznania na podstawie interpretacji materiałów sejsmicznych i wiertniczych w kontekście poszukiwań złóż węglowodorów

Organic buildups recognized upon well and seismic data within the Upper Jurassic formations of the Carpathian foreland, Poland; perspectives for hydrocarbon exploration

Piotr GLINIĄK¹, Jacek GUTOWSKI² i Andrzej URBANIEC¹

¹Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A., Departament Poszukiwania Złóż, ul. Lubicz 25, 31-503 Kraków;
e-mail: glip@geonafta.krakow.pl; andrzeju@geonafta.krakow.pl

²Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa;
e-mail: jacek.gutowski@pgi.gov.pl

Key words: Upper Jurassic, well and seismic interpretation, organic buildups, hydrocarbon exploration.

ABSTRACT: The system of huge organic buildups (sponge-microbial bioherms and coral reefs) has recently been mapped in the Carpathian foreland, S Poland, using high-quality petroleum seismic and well data interpreted using original, newly developed techniques. The sponge-microbial bioherms were formed during the Oxfordian time and the flat and mound-shaped coral reefs replaced them during the Late Oxfordian through Tithonian time. Both the bioherms and reefs reflect the system of synsedimentary active extensional-transensional blocks of the basement that controlled sea bottom highs which were likely colonized by the buildups constructors. It is possible to identify two systems of such faults: NW-SE oriented one and, less visible, W-E oriented one. The Late Jurassic organic buildups form excellent reservoirs for hydrocarbon accumulations. Effective seal for the traps is provided by the Upper Cretaceous (Senonian) marls. Late Cretaceous inversion resulted in reverse reactivation of main basement fault zones. During the Miocene, Carpathian thrusting-related flexural extension basement fault zones have been again reactivated in transtensional regime, which enhanced hydrocarbon prospectivity of selected areas due to juxtaposition of source and reservoir rocks. Miocene foredeep evaporates provide additional, very effective seal.

WSTĘP

Węglanowy kompleks utworów górnourajskich tworzy zwartą pokrywę na obszarze środkowej części przedgórza polskich Karpat (fig. 1), zalegając na utworach jury środkowej, pstrego piaskowca, a miejscami bezpośrednio na różnych

ogniwach paleozoiku lub prekambriu. W otworach wiertniczych wykonanych w ostatnim piętnastolecu w obszarze pomiędzy Bochnią a Sędziszowem rozpoznano pełny profil utworów jury górnej, od oksfordu po tyton (Maksym i in. 2001; Gregosiewicz i in. 2001). Zróżnicowanie miąższościowe omawianego kompleksu związane jest

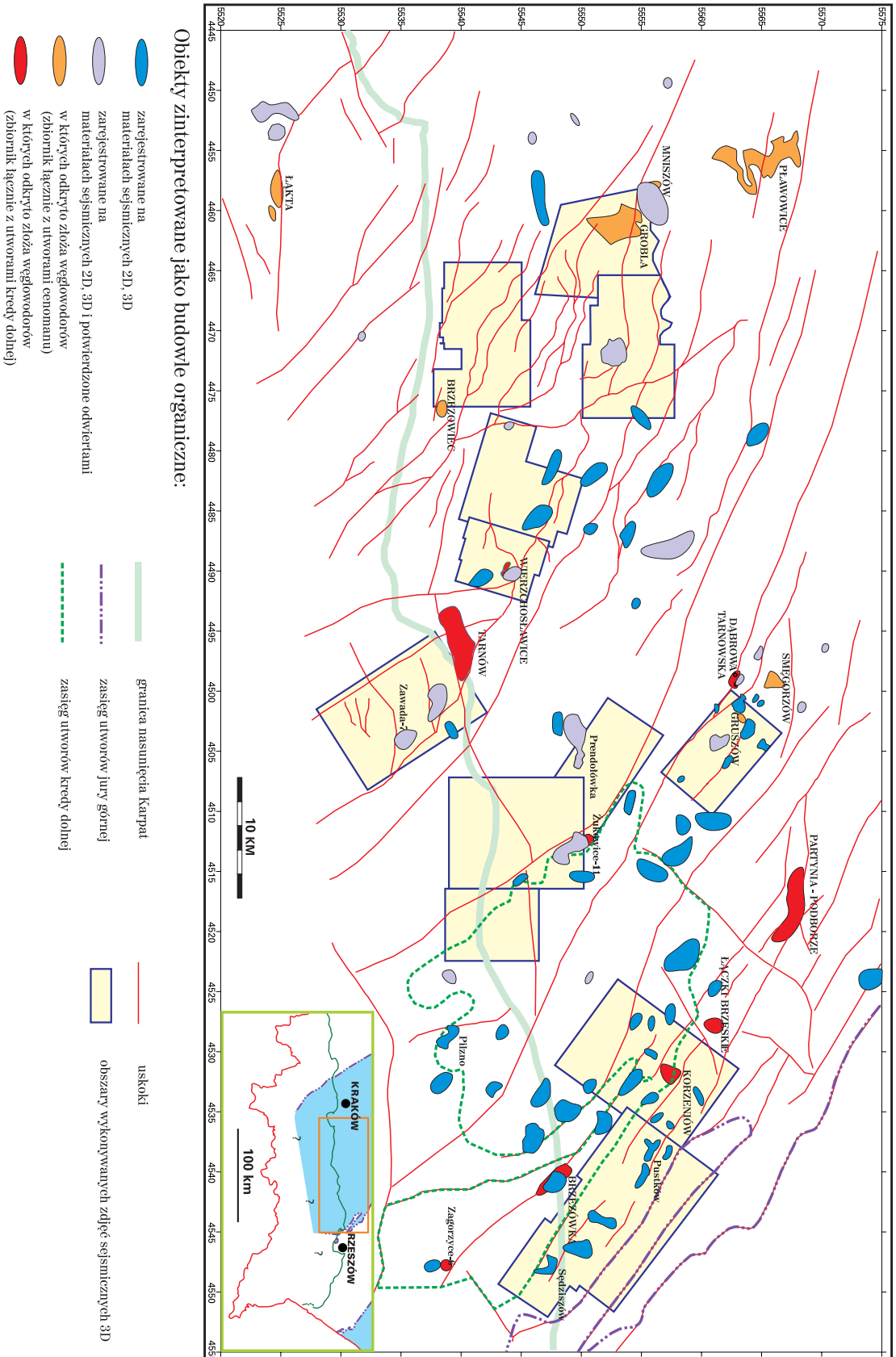


Fig. 1. Rozmieszczenie budowli organicznych w utworach jury górnej w środkowej części przedgórzia Karpat.

głównie z erozyjnym ścięciem najmłodszych ogniw stratygraficznych. Obecnie największe miąższości utworów górnej jury na obszarze przedgórza Karpat, przy ich najpełniejszym profilu stratygraficznym, notowane są w rejonie Zagorzyc-Nawsia, gdzie dochodzą do około 1250 m (Maksym i in. 2001). Ponad utworami jury górnej w środkowej części przedgórza Karpat występują utwory kredy dolnej, których zasięg i pozycja stratygraficzna zostały w ostatnich latach zweryfikowane w tym rejonie (Zdanowski i in. 2001; Bobrek i in. 2003; Urbaniec i Świetlik 2003), kredy górnej oraz utwory miocenu zapadliska przedkarpackiego.

Epikontynentalny zbiornik morski, który istniał na omawianym obszarze w późnej jurze, posiadał swobodne połączenia zarówno z oceanem Tetydy ku południowemu-wschodowi, jak i z morzem borealnym ku północy (Kutek i in. 1984; Matyja i Wierzbowski 1994, 1995, 2000). W miarę rozwoju płytkowodnej rampy węglanowej od NE następowało jego sukcesywne spływanie i zmiany środowisk depozycyjnych, przy stosunkowo dużej zmienności facjalnej (por. Matyja i in. 1989; Gutowski 2004; Gutowski i Koyi 2005). Wykształcenie litologiczne utworów górnej jury przedgórza Karpat oraz zarys stratygrafii, opartej przede wszystkim na zespołach mikroskamieniałości (przy praktycznie braku fauny amonitowej), omówiono m.in. w pracach: Olszewska (1999, 2001), Gliniak i Urbaniec (2001), Gliniak i in. (2001), Gregosiewicz i in. (2001), Urbaniec i Świetlik (2003). Zarówno w utworach oksfordu jak również kimerydu i tytonu w prezentowanym rejonie licznie występują budowle organiczne o silnie zróżnicowanej morfologii, wielkości i genezie (Gliniak i in. 2000; Gliniak i Urbaniec 2001). Liczne budowle organiczne rozpoznano również w materiale rdzeniowym w otworach wiertniczych, jak również wykartowano na podstawie danych sejsmicznych 2D i 3D (fig. 1).

IDENTYFIKACJA BUDOWLI ORGANICZNYCH Z ZAPISU SEJSMICZNEGO

Opierając się na wieloletnim doświadczeniu związanym z identyfikacją różnego typu budowli organicznych z zapisu sejsmicznego, potwierdzoną licznymi otworami wiertniczymi wypracowano odpowiednią metodykę detekcji tych obiektów. W chwili obecnej wykorzystując pakiet oprogramowania firmy „Landmark“ prowadzona jest szczegółowa analiza węglanowego kompleksu

górnej jury w środkowej części przedgórza Karpat pod kątem identyfikacji budowli organicznych oraz możliwości akumulacji węglowodorów w obrębie tego typu pułapek złożowych.

Obiekty typu biohermowego posiadają szereg charakterystycznych cech, wyróżniających je w zapisie sejsmicznym (fig. 2). Należą do nich, w początkowej fazie interpretacji, zmiany w zapisie amplitudowym pomiędzy granicami określającymi strop i spąg osadów jurajskich. Miejsca, w których występuje tłumienie amplitudy i pojawia się specyficzny chaos refleksów zarówno dodatnich jak i ujemnych z dużym prawdopodobieństwem wskazują na obecność bioherm. Nie jest to jednak regułą, bowiem w bardzo podobny sposób manifestują się w zapisie sejsmicznym strefy o zwiększonych wpływach procesów dolomityzacyjnych. Dlatego w kolejnym etapie interpretacji konieczne jest sprawdzenie występowania bocznych, wysokoamplitudowych refleksów dochodzących do krawędzi omawianej strefy i przeanalizowanie ich kształtu. Do chwili obecnej w obrębie środkowej części przedgórza Karpat wyinterpretowano kilka różnych rodzajów tego typu zapisu, związanego bezpośrednio z biohermami (patrz fig. 2, 4). Pierwszym typem jest płasko-równoległe (fig. 2A) dochodzenie i gwałtowne zakończenie refleksów na krawędzi obiektu. Kolejny typ to charakterystycznie ugięte, podniesione ku górze, często zachodzące na siebie refleksy przy krawędzi obiektu (fig. 2B, C). Ostatni typ to specyficzne ukośnie ułożone osie zgodności faz (fig. 2D) tworzące rodzaj bariery ograniczającej budowlę. Szczegółowa analiza takiego zapisu pozwala wykluczyć dyfrakcje pochodzące od stref dyslokacyjnych. Niezbędne jest również sprawdzenie czy ponad ewentualnym obiektem nie występują refleksy powielające układ strukturalny, zaznaczające się w warstwach nadległych, w celu wyeliminowania tektonicznej genezy interpretowanej struktury. Rozwój bioherm był okresowo hamowany przez dopływ większej ilości zawiesiny z udziałem minerałów ilastych, rejestrowanych w osadzie w postaci wkładek marglisto-ilastych. Jest to możliwe do prześledzenia również w zapisie sejsmicznym w postaci krótkich, ale wyraźnych refleksów o dodatnich amplitudach w obrębie samego obiektu biohermowego. Na profilowaniach geofizyki otworowej (karotaż) wkładki tego typu cechują się podwyższoną zawartością pierwiastków promieniotwórczych, głównie uranu. Oprócz elementów strukturalnych, stosunkowo łatwych do interpre-

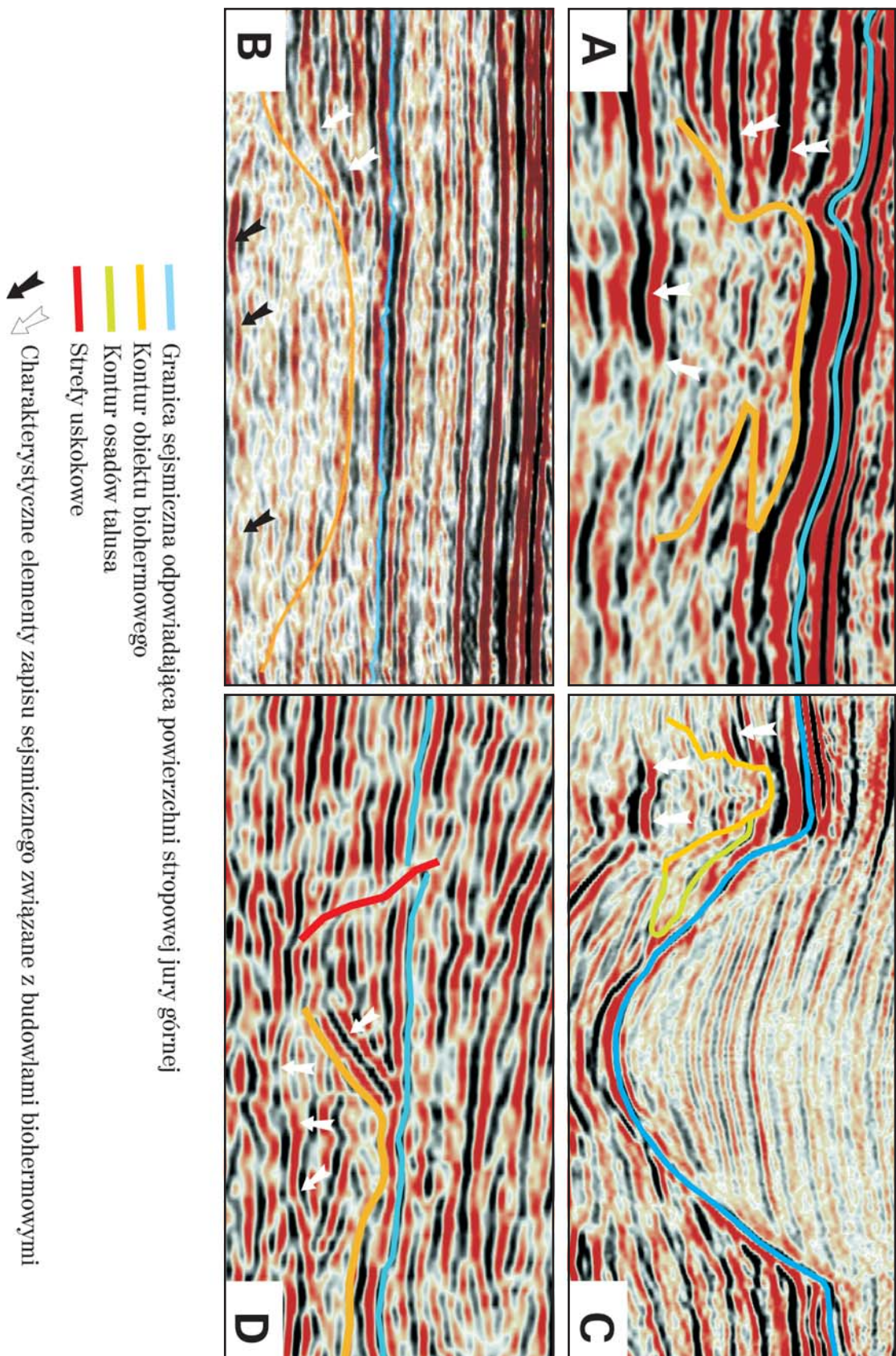


Fig. 2. Charakterystyczne elementy zapisu sejsmicznego dla obiektów biohermowych omówione w tekście.

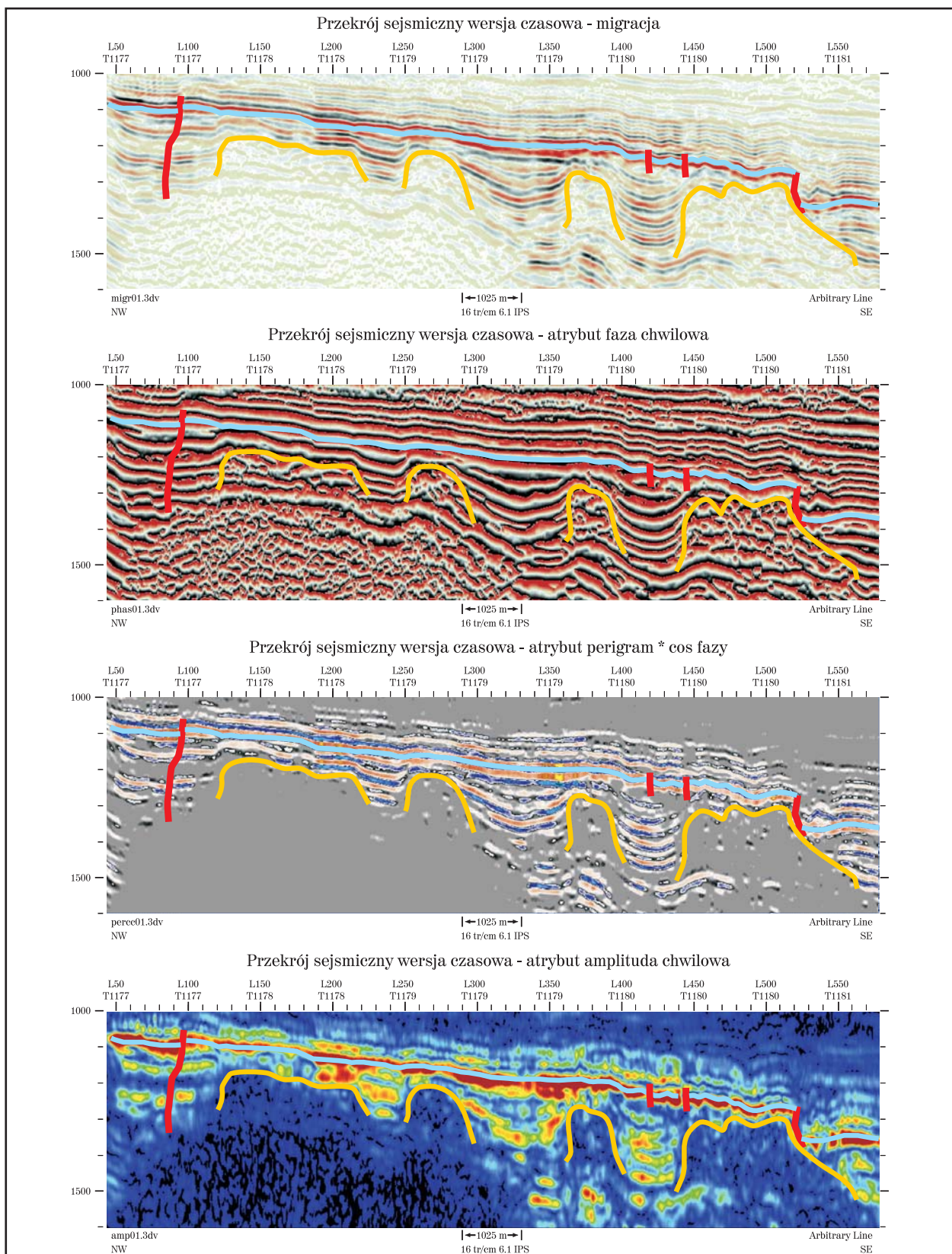


Fig. 3. Sekwencja biohermowa w zapisie sejsmicznym (objaśnienia jak na fig. 2).

tacji na sekcjach sejsmicznych, ważne jest prześledzenie innych elementów zapisu sejsmicznego. Znaczący kontrast prędkości rozchodzenia się fali sejsmicznej pomiędzy porowatą biohermą i otaczającymi ją skałami, powoduje powstanie ugięć refleksów u podstawy biohermy (fig. 2A-D), widocznych na profilach sejsmicznych przetworzonych w domenie czasu. Pomiędzy ugięciami powinno pojawić się niewielkie podniesienie (fig. 2A-D), od którego rozpoczął się wzrost budowli. Kolejnym etapem interpretacji jest analiza zapisu sejsmicznego w oparciu o atrybuty trasy sejsmicznej, a w szczególności amplitudy chwilowej, fazy chwilowej, perigramu i analizy częstotliwości w wąskich brankach czasowych związanych z badanym obiektem (fig. 3, 5). Atrybuty te, analizowane w ramach aplikacji PAL (Poststack Attribute Library) i RAVE (Reservoir Attribute Visualization & Extrapolation) systemu „Landmark”, w sposób jednoznaczny określić powinny granice zasięgu omawianych form oraz wykazać strefy o lepszych właściwościach zbiornikowych wewnątrz budowli. Dodatkowe możliwości rozpoznawania utworów biohermowych lub rafowych dają metody geostatystyczne (Gliniak i Wójcik 2000), inwersja sejsmiczna kalibrowana za pomocą sztucznych sieci neuronowych (ANN) (Darłak i in. 2004) oraz analizy prędkości interwałowych dla osadów jurajskich.

Znacznie bardziej skomplikowany zapis sejsmiczny niż sama budowla organiczna posiadają utwory talusa (fig. 2), związane genetycznie z opisywanymi budowlami. Oprócz opisanych powyżej czynników identyfikujących biohermy, w talusie pojawia się większa ilość różnego typu ciągłych refleksów tworzących układ specyficznych klinoform i rozproszonych nieregularnych warstwowań. W przypadku rozpoznania osadów talusa w profilu otworu wiertniczego istnieje możliwość pośredniej identyfikacji miejsca występowania budowli biohermowej w oparciu o wykres pomiarów upadomierza w otworze wiertniczym (Baran 1996).

Możliwe do identyfikacji w zapisie sejsmicznym są również inne typy budowli organicznych pod warunkiem, że posiadają one odpowiednie rozmiary, zarówno wertykalne jak i lateralne. Najlepiej identyfikowalne są formy typu raf pokrywowych (fig. 5). W początkowym etapie należy poddać analizie profile sejsmiczne w celu wydzielenia stref charakteryzujących się występowaniem anomalii amplitudowej sygnału sejsmicznego, wyrażającej się nagłymi obniżeniami ujemnej amplitudy. W zależności od wielkości obiektu mogą występo-

wać zjawiska przejść fazowych, zmiany polarności zapisu, tłumienia amplitudy. Możemy spotkać się także ze zjawiskiem „oblekania” ciała rafowego przez refleks pochodzący od utworów nadległych czy wręcz z zanikiem takich refleksów przy krawędzi rafy. Jeśli obiekt posiada miąższość powyżej 20 m to często obserwuje się również wyraźne ugięcie refleksu w podstawie rafy. Zjawisko to powodowane jest, podobnie jak w przypadku bioherm, różnicą prędkości propagacji fali sejsmicznej w obrębie rafy i w utworach jej otoczenia. W przypadku raf kępowych analizując obraz sejsmiczny dostrzegamy układ refleksów „oblekający” soczewkowatą w kształcie formę często znacząco wyróżniającą się z otaczającego ją układu fazowego (fig. 6). Dodatkową cechą tego zapisu jest występowanie zaburzeń w ciągłości refleksów wewnątrz struktury („szum”). Nierzadko refleks u podstawy obiektu ma charakter lekkiego podniesienia, które stanowiło początek wzrostu omawianej budowli.

W przypadku detekcji dużych obiektów rafowych przydatne są także analizy atrybutów tras sejsmicznych omówione szerzej przy charakterystyce bioherm.

CHARAKTERYSTYKA BUDOWLI ORGANICZNYCH

Badania paleoekologiczne prowadzone w całej Europie wykazują, że do trzech głównych komponentów późnojurajskich budowli organicznych należą: mikroolity, gąbki krzemionkowe oraz koralowce (Trammer 1982, 1989; Leinfelder 1993; Leinfelder i in. 1993a, 1993b, 1996; Werner i in. 1994; Dupraz i Strasser 1999; Roniewicz 2004). Szczególnie podkreślić należy rolę mikroolitów, które rozprzestrzenione są w tym czasie w różnych, nie tylko rafowych, facjach w wielu rejonach Europy (Schmid 1996). Struktury mikrobialne powstawały w wyniku aktywności zarówno cyanobakterii fotoautotroficznych jak również bakterii heterotroficznych, a jedynym warunkiem koniecznym do ich powstania jest bardzo niskie lub zanik tempa sedymentacji (Leinfelder 1993; Leinfelder i in. 1993b; Hoffmann i Kołodziej 2000).

Biorąc pod uwagę powyższe kryterium w utworach jury górnej przedgórza Karpat wyróżnić można kilka typów budowli organicznych, takich jak:

1) mikrobialne (trombolitowe) – tworzą zwykle niewielkich rozmiarów kopce (maksymalnie do

kilku metrów miąższości), rozpoznane wyłącznie w materiale rdzeniowym i płytkach cienkich z utworów oksfordu. Strukturom mikrobialnym towarzyszą zazwyczaj pojedyncze gąbki krzemionkowe, mszywioly z rzędu Cyclostomate oraz nieliczne otwornice bentoniczne.

2) mikrobialno-gąbkowe – określane jako biohermy, charakterystyczne dla oksfordu, dochodzą często do znacznych rozmiarów rzędu kilkuset metrów miąższości i cechują się niewielkim zróżnicowaniem zespołu organizmów zarówno tworzących sztywny szkielet jak i inkrustujących (Bobrek i in. 2000). Obok gąbek i mikrobolitów o strukturze trombolitowej lub leiolitowej, stanowiących zasadniczy trzon konstrukcji budowli, występują tutaj mszywioly, rurki wieloszczetów, ramienionogi oraz inkrustujące otwornice i mikroorganizmy, w tym zwłaszcza *Tubiphytes* sp. Biohermy mikrobialno-gąbkowe, głównie ze względu na swoje znaczne rozmiary oraz strukturę wewnętrzną stosunkowo dobrze odzwierciedlają się w zapisie sejsmicznym. W wielu przypadkach biohermy wcześniej wyinterpretowane na materiałach sejsmicznych zostały potwierdzone później w wierceniach (fig. 1, pl. 1). Często mamy do czynienia z całymi zespołami bioherm, np. w rejonie Gruszowa-Nieczajnej, Żukowic-Prendolówki czy Pustkowa-Sędziszowa.

3) mikrobialno-koralowcowe i mikrobialno-koralowcowo-glonowe – występują powszechnie w utworach górnego oksfordu oraz kimerydu i tytonu, co związane jest ze zmianą środowiska depozycyjnego na bardziej płytkowodne, zwykle o wyższej energii wody. Najczęściej przybierają one postać raf kępowych, raf pokrywowych lub biostrom. Zróżnicowanie morfologii i komponentów budowli rafowych warunkowane jest na ogół takimi czynnikami jak intensywność dostępu światła, energia wody oraz tempo sedymentacji (por. Insalaco i in. 1997). Generalnie rafy mikrobialno-koralowcowe przedgórza Karpat cechują się miąższościami rzędu kilkunastu-kilkudziesięciu metrów, największa z przewierconych tego typu budowli w rejonie Pilzna osiągała około 200 metrów. Mogą być one interpretowane w sekcjach sejsmicznych, jak również rozpoznawane w materiale rdzeniowym i w płytkach cienkich. Rafy tego typu w wielu przypadkach usytuowane były na szczytach bioherm mikrobialno-

gąbkowych, gdzie w miarę spłykania i wzrostu biohermy gąbki krzemionkowe zastępowane były sukcesywnie przez koralowce (Morycowa i Moryc 1976; Bobrek i in. 2000). Zjawisko to obserwowane jest w wielu rejonach, m. in. na północno-wschodnim obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich (Gutowski 2004), na Jurze Polskiej (Matyja i Wierzbowski 1996) czy na Kujawach (Matyja i in. 1985). Zespół organizmów występujących w rafach mikrobialno-koralowcowych (pl. 1) jest zróżnicowany i poza zespołem koralowców kolonijnych i osobniczych (*Microsolenidae*, *Montlivaltiidae*, *Styliniidae*) oraz struktur mikrobialnych (trombolitowych i stromatolitowych) występują gąbki wapienne, sklerogąbki z grupy *Chaetetida*, zróżnicowany zespół mszywiolów, szkarłupnie, gruboskorupowe małże, zielenice i krasnorosty. Z mikroorganizmów inkrustujących i drażących stwierdzono: *Tubiphytes obscurus*, *Tubiphytes morronensis*, *Lithocodium aggregatum*, *Bacinella irregularis*, *Troglotella incrustans*, *Koskinobullina socialis* (Bobrek i Świetlik 2003).

UWAGI O PALEOGEOGRAFII BASENU I PALEOTEKTONICE

Analiza mapy rozmieszczenia budowli organicznych (fig. 1) wskazuje, że rozmieszczone były one w określonych, regularnych strefach (pasach) związanych zapewne z istnieniem inicjalnych wyniesień w dnie zbiornika. Podobne pasowe ułożenie budowli biohermalnych obserwuje się w obrębie wychodni górnej jury na Jurze Polskiej (Matyja i Wierzbowski 2004) oraz na SW i NE obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich (Matyja 1977; Gutowski 2004). Powstanie tych wyniesień spowodowane było, jak należy sądzić, rotacją ekstensyjnych (transtensyjnych) bloków uskokuwanych w podłożu, wskutek aktywności ograniczających je uskokuw normalnych oraz przesuwanych (Gutowski i Koyi 2005). Można wskazać na istnienie dwóch systemów takich uskokuw: bardziej wyraźnego o kierunku w przybliżeniu NW-SE, i drugiego, o rozciągłości W-E, zdecydowanie mniej czytelnego. Aktywność tych bloków, w tym późnokredowa inwersja niektórych uskokuw systemu NW-SE decydowała również o architekturze wypełnienia osadowego w trakcie transgresji albu i cenomanu. Paleotektoniczna analiza danych sejsmicznych

wskazuje, iż uskoki tego systemu podlegały z reguły w miocenie ponownej reaktywacji w reżimie transpresyjno-obciążeniowym (por. Krzywiec 2001, 2004). Obecna sieć uskoków (także kredowych uskoków odwróconych oraz reaktywowanych uskoków normalnych wieku mioceńskiego), widoczna na mapie tektonicznej (fig. 1) bezpośrednio nawiązuje w konsekwencji do sieci uskoków normalnych i przesuwczych aktywnych w późnej jurze. Procesy reaktywacji dyskusowanego systemu uskoków mogły decydować o korzystnym dla migracji węglowodorów wzajemnym ułożeniu skał macierzystych i potencjalnych pułapek związanych z późnojurajskimi budowlami organicznymi.

IMPLIKACJE DLA POSZUKIWAŃ ZŁOŻ WĘGLOWODORÓW

Obecność jurajskich budowli organicznych na obszarze przedgórze Karpat ma duże znaczenie w kontekście poszukiwań złóż węglowodorów. Odkrycia złóż dokonane w ostatnich latach oraz reinterpretacja materiałów sejsmicznych, karotazowych i geologicznych dla złóż odkrytych i udokumentowanych wcześniej, pozwalają sądzić, że procesy migracji i akumulacji węglowodorów w utworach mezozoiku w prezentowanym obszarze przedgórze miały ścisły związek z rozprzestrzenieniem budowli organicznych wieku późno-jurajskiego. Utwory budowli organicznych posiadają na ogół na omawianym obszarze znakomite parametry petrofizyczne, pozwalające klasyfikować te obiekty na poziomie bardzo dobrych skał zbiornikowych: porowatość efektywna do 25% i przepuszczalność absolutna (liniowa) dochodząca do 700 mD. Do pozostałych czynników kontrolujących kształtowanie pułapek złożowych w omawianych utworach należą przede wszystkim późnojurajska tektonika ekstensyjna (transtensyjna), warunkująca rozmieszczenie budowli organicznych jak i późniejsza, późnokredowa reaktywacja uskoków w reżimie transtensyjnym i/lub ponowna ich reaktywacja w miocenie w reżimie ekstensyjno-obciążeniowym (por. Krzywiec 2001, 2004). Historia procesów diagenetycznych, zachodzących od chwili zdeponowania osadu wpływała w znacznym stopniu na zachowanie i rozwój lub zanik właściwości zbiornikowych (por. Moore 2001).

Regionalnym uszczelnieniem dla akumulacji węglowodorów związanych z górnójurajskimi

budowlami organicznymi na obszarze przedgórze Karpat jest kompleks marglistych utworów senonu lub seria ilasta oraz ewaporaty badenu dolnego. Przykładem mogą być tutaj złoża: Tarnów-jura, Dąbrowa Tarnowska, Gruszów. Łącznie odkryto na terytorium Polski w pułapkach związanych z budowlami organicznymi jury górnej przemysłowe akumulacje węglowodorów (m. in. Tarnów-jura, Dąbrowa Tarnowska, Smęgorzów, Gruszów, Łąka, Partynia-Podborze) o zasobach rzędu 5 mln ton ekwiwalentu naftowego. Na obszarze zachodniej Ukrainy odkryto natomiast w utworach górnójurajskiej platformy węglanowej złoża węglowodorów o łącznych zasobach około 34 mln t ekwiwalentu naftowego (Popadyuk i in. 2005). Do najważniejszych złóż ukraińskich należą: Rudki (około 29,7 mln t), Letnia (1, 04 mln t), Kochaniwka (około 1,04 mln t) i Łopuszna (jura górna – około 2 mln t). Komercyjne złoża węglowodorów o nieujawnionych jeszcze zasobach udokumentowano również w ciągu ostatniej dekady w utworach jury pod nasunięciem Karpat na terytorium Czech (Baldrian i in. 2004) oraz Austrii (Finsterwalder i Sperl 2004). Informacje te sugerują, że utwory górnej jury, zarówno na przedgórze Karpat polskich jak i pod nasunięciem karpackim, mogą posiadać wciąż nieudokumentowany potencjał węglowodorowy związany z istniejącym na terenie Czech i Austrii – z jednej strony, oraz na Ukrainie – z drugiej strony jurajskim systemem naftowym. Utwory węglanowe jury górnej (w tym głównie budowle organiczne i otaczające je utwory o charakterze talusa) pełnią w tym systemie rolę skał zbiornikowych, a skałami macierzystymi są głębokowodne łupki i margle skłonu szelfu i basenu, przypominające swoim wykształceniem występujące w obrębie jednostek polskich Karpat fliszowych łupki cieszyńskie (Baldrian i in. 2004, Gutowski i in. 2005). Posługując się tymi analogiami regionalnymi (por. Gutowski i in. 2005) można przypuszczać, iż utwory typu łupków cieszyńskich osadzały się także na obszarze stanowiącym dzisiaj podłoże polskich Karpat fliszowych i mogły, dzięki lateralnej migracji, stanowić skały macierzyste dla akumulacji węglowodorów występujących w utworach jury i kredy przedpola i podłoża Karpat polskich. Na związek genetyczny pomiędzy skałami typu łupków cieszyńskich oraz ropą ze złóż z obszaru Polski wskazują jednoznacznie wstępne wyniki badań geochemicznych (I. Matyasik – inf. ustna). Zarysowana hipoteza pozwala sformułować obiecującą strategię dalszej eksplo-

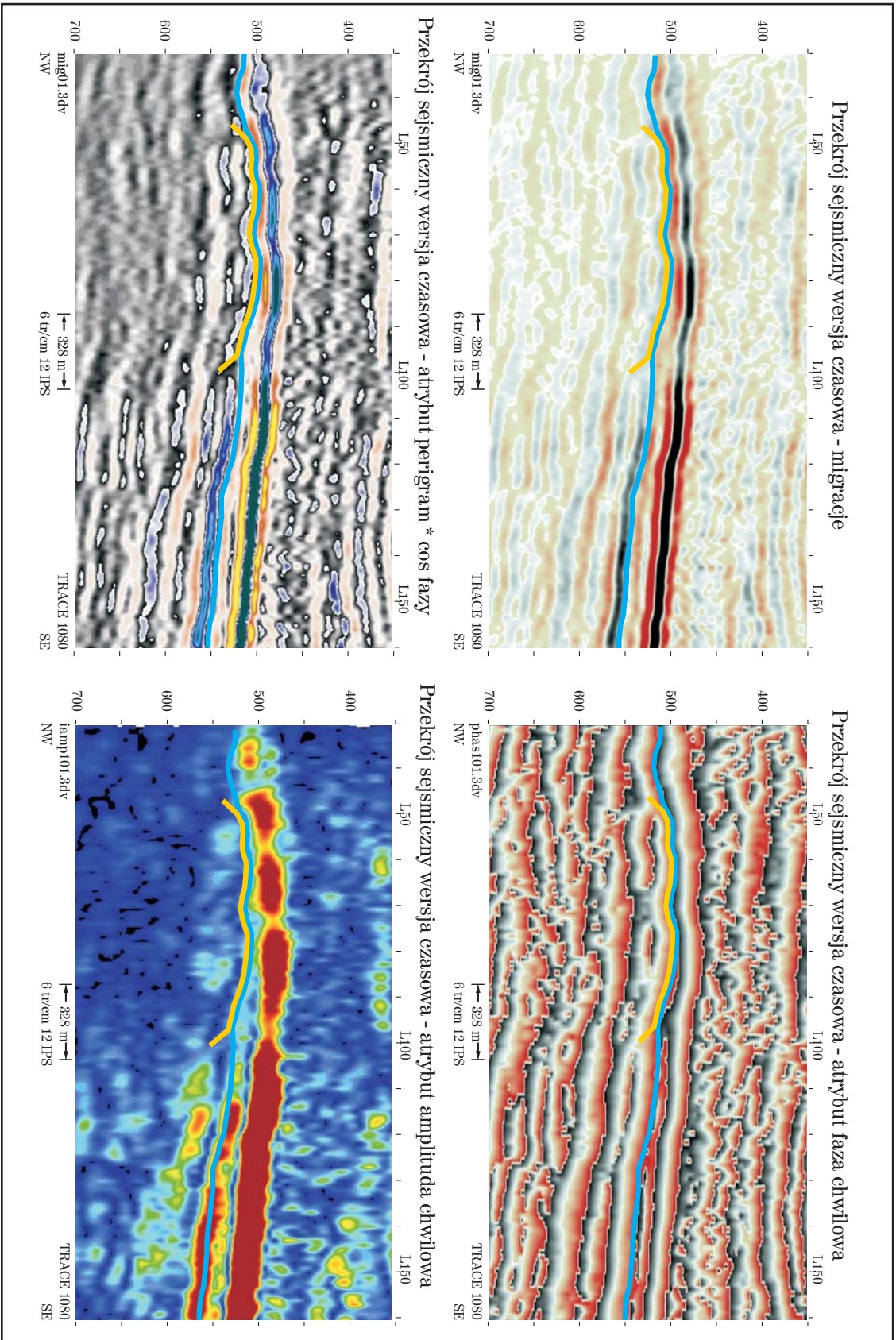


Fig. 5. Rata pokrywowa w zapisie sejsmicznym (objaśnienia jak na fig. 2).

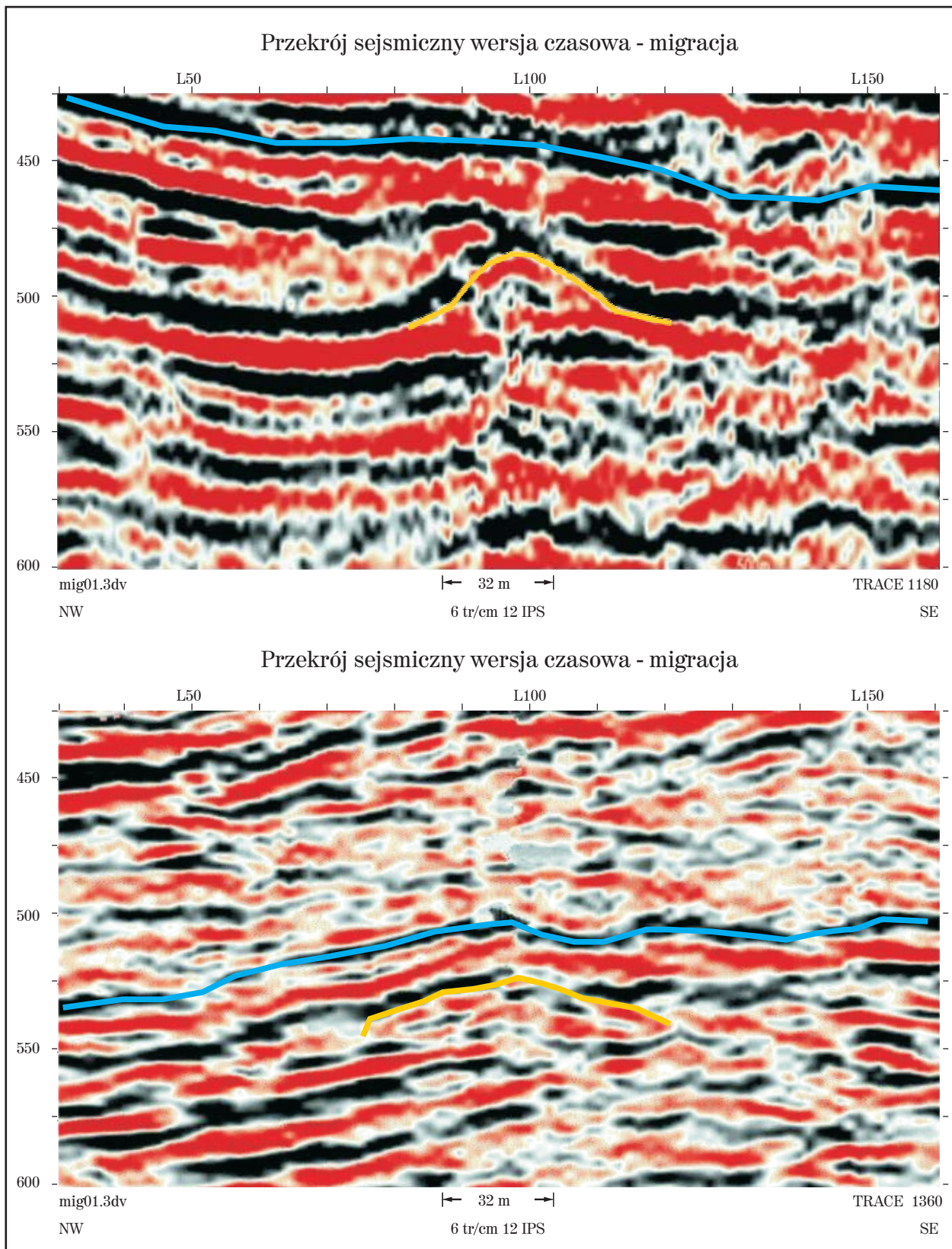
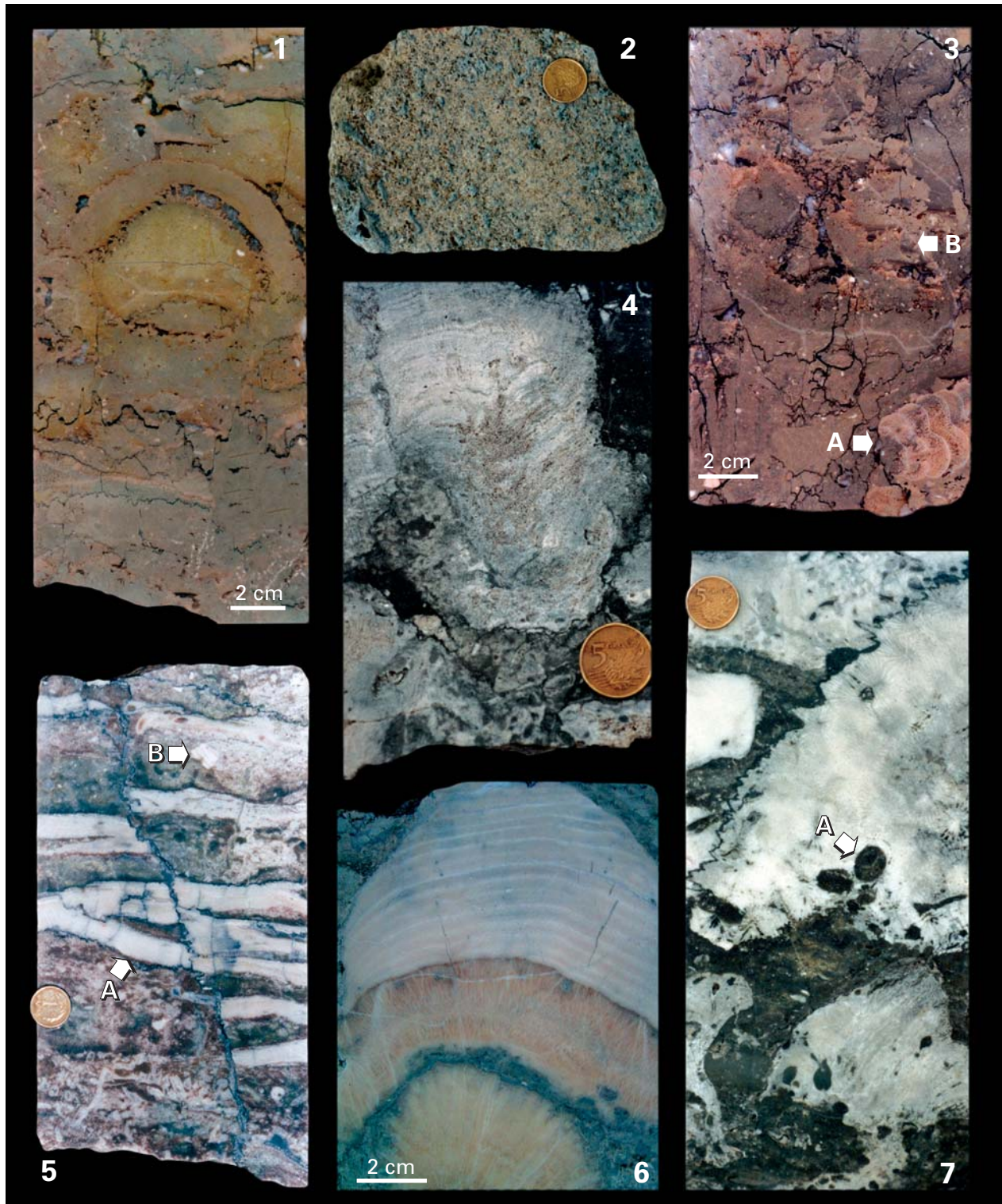


Fig. 6. Kopiec rafowy w zapisie sejsmicznym (objaśnienia jak na fig. 2).



Plansza 1

Przykłady biolitytów mikrobalno-gąbkowych oraz utworów koralowcowych w materiale rdzeniowym odwiertów w środkowej części przedgórze Karpat: 1 – biolityt z widocznymi kielichami gąbek krzemionkowych i szwami stylolitowymi (Witkowice-2); 2 – silnie zmienione i przekrystalizowane biolityty mikrobalno-gąbkowe (Prendolówka-2); 3 – wapienie organogeniczne z przekrojem gąbki wapiennej (A) i muszli ramienionoga (B) (Witkowice-2); 4 – biolityt koralowcowy zbudowany z masywnych kolonii koralowców z rodziny *Microsolenidae* (Łękawica-1); 5 – biolityt z liczną fauną, widoczne płaskie kolonie koralowców z rodziny *Microsolenidae* (A) oraz fragment łodygi liliowca (B) (Prendolówka-2); 6 – masywna kolonia koralowców z narastającym na niej stromatolitem (Gruszów-4); 7 – kolonia koralowców z rodziny *Montlivaltidae* z drążeniami małżów *Lithophaga* sp. (A) (Łękawica-1).

racji naftowej w utworach epikontynentalnej jury i kredy nie tylko w czesko-austriackiej oraz ukraińskiej, ale także w polskiej części mezozoicznego basenu naftowego.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. W utworach oksfordu, kimerydu i tytonu przedgórza Karpat licznie występują budowle organiczne o silnie zróżnicowanej morfologii, wielkości i genezie. Wypracowana, oryginalna metodyka pozwala na ich precyzyjną identyfikację i wykartowanie w oparciu o dane sejsmiki 2D i 3D oraz dane wiertnicze.
2. Wyróżnić można kilka typów budowli organicznych, takich jak: mikrobialne (trombolitowe), mikrobialno-gąbkowe, mikrobialno-koralowcowe i mikrobialno-klonowe.
3. Obecność górnourajskich budowli organicznych na obszarze przedgórza Karpat ma duże znaczenie w kontekście poszukiwań złóż węglowodorów. Odkrycia złóż dokonane w ostatnich latach oraz reinterpretacja materiałów sejsmicznych, karotażowych i geologicznych dla złóż odkrytych i udokumentowanych wcześniej, pozwalają sądzić, że procesy migracji i akumulacji węglowodorów w utworach mezozoiku w prezentowanym obszarze przedgórza miały ścisły związek z ich rozprzestrzenieniem.

LITERATURA

- Baldrian T., Gruszczyk E., Berka J., Zych P., Trzesniowski Z., Ondrak J. i Kostelnicek P. 2004. Seismic exploration below the flysch nappes (in the Czech and Polish Carpathians). *AAPG European Region Conference with GSA Praga, 10-13 X 2004. Praga*, 59.
- Baran U. 1996. Próba interpretacji wyników pomiarów upadu warstw w profilu odwiertu Nieczajna 4 w przedziale głębokościowym 1185-1345 m. *Technika Naftowa i Gazownicza*, **7**: 75-81.
- Bobrek L., Gliniak P., Świetlik B. i Urbaniec A. 2003. Utwory kredy dolnej w środkowej części przedgórza polskich Karpat – weryfikacja zasięgu na podstawie badań mikrofaunistycznych i sedimentologicznych. *Przegląd Geologiczny*, **51**, 11: 979-980.
- Bobrek L. i Świetlik B. 2003. Opracowanie mikrofaunistyczne i mikrofaunalne utworów najwyższej jury i dolnej kredy w obszarze: Dąbrowa Tarnowska – Dębica. Opracowanie niepublikowane. Archiwum PGNiG S.A., Kraków. 1- 181.
- Bobrek L., Świetlik B. i Urbaniec A. 2000. Zespoły faunistyczne bioherm późnourajskich środkowej części przedgórza polskich Karpat. *XVII Konferencja Paleontologów „Historia basenów sedimentacyjnych a zapis paleontologiczny”*, Kraków. *Materiały konferencyjne*, 18-20.
- Darłak B., Włodarczyk M. i Gliniak P. 2004. Badania właściwości zbiornikowych dolnej kredy i górnej jury przy zastosowaniu sieci neuronowych w obszarze Bochnia-Dębica. *Nafta-Gaz*, **60**, 9: 457-462.
- Dupraz C. i Strasser A. 1999. Microbialites and micro-encrusters in shallow coral bioherms (Middle to Late Oxfordian, Swiss Jura Mountains). *Facies*, **40**: 101-130.
- Finsterwalder R. i Sperl H. 2004. The Hoflein Field, Austria: Autochthonous Jurassic below Alpine thrusts-challenges of reservoir characterisation and modelling. *AAPG European Region Conference with GSA, 10-13 X 2004. Praga*, 70.
- Gliniak P., Laskowicz R. i Urbaniec A. 2000. Górnourajskie budowle organiczne w rejonie Kraków-Dębica. Możliwości identyfikacji z zapisu sejsmicznego oraz perspektywy poszukiwań dla złóż węglowodorów. *Prace Instytutu Geologii Nafty i Gazu*, **110**: 161-165.
- Gliniak P., Laskowicz R., Urbaniec A., Such P. i Leśniak G. 2001. Obecność skał zbiornikowych w późnourajskich utworach węglanowych z uwzględnieniem ich rozwoju facyjnego w rejonie Zawada – Łękawica. *Nafta-Gaz*, **57**, 11: 597-606.
- Gliniak P. i Urbaniec A. 2001. Oksfordzkie budowle biohermowe w rejonie Bochnia – Sędziszów w zapisie sejsmicznym 3D. *Nafta-Gaz*, **57**, 10: 545-556.
- Gliniak P. i Wójcik E. 2000. Wykorzystanie stacji interpretacyjnej „Landmark” do identyfikacji form biohermowych z zapisu sejsmicznego. *Spotkanie użytkowników stacji interpretacyjnych Landmarka, 4-6 października 2000, Krosno*, 44-46.
- Gregosiewicz Z., Bobrek L., Gliniak P., Laskowicz R., Świetlik B., Urbaniec A. i Zdanowski P. 2001. Analiza mikrofaunalna i przemian diagenetycznych w utworach kredy dolnej w rejonie Bochnia-Dębica. *Prace Instytutu Geologii Nafty i Gazu*, **110**: 161-165.

- tycznych utworów organogenicznych jury górnej na podstawie wybranych otworów w obszarze Kraków – Dębica. Opracowanie niepublikowane. Archiwum PGNiG S.A., Kraków. 1- 123.
- Gutowski J. 2004. Dynamika rozwoju utworów koralowych środkowego oksfordu okolic Bałtowa. *Tomy Jurajskie*, **2**: 17-28.
- Gutowski J., Popadyuk I.V. i Olszewska B. 2005. Late Jurassic - Earliest Cretaceous evolution of the epicontinental sedimentary basin of South-Eastern Poland and Western Ukraine. *Geological Quarterly*, **49**, 1: 31-44.
- Gutowski J. i Koyi H. 2005. Jurajsko-kredowa ewolucja perykarpackiego segmentu bruzdy środkowopolskiej w świetle wyników modelowań analogowych. *Tomy Jurajskie*, **3** (ten zeszyt).
- Hoffmann M. i Kołodziej B. 2000. Późnojurajskie rafy Polski platformowej i Karpat zewnętrznych – przykłady z Celin koło Chmielnika i wapieni typu sztramberskiego. *I Spotkanie Polskiej Grupy Roboczej Systemu Jurajskiego JURASSICA, Wiktorowo. Materiały symposium*, 10.
- Insalaco E., Hallam A. i Rosen B. 1997. Oxfordian (Upper Jurassic) coral reefs in Western Europe: reef types and conceptual depositional model. *Sedimentology*, **44**, 4: 707-734.
- Kutek J., Matyja B. i Wierzbowski A. (1984) - Late Jurassic biogeography in Poland and its stratigraphical implications. W: Michelsen, O. i Zeiss, A. (red.), *International Symposium on Jurassic Stratigraphy, Erlangen, 1984. Symposium Vol. III*, 743-754.
- Krzywiec P. 2001. Contrasting tectonic and sedimentary history of the central and eastern parts of the Polish Carpathians foredeep basin – results of seismic data interpretation. *Marine and Petroleum Geology*, **13**: 13-31.
- Krzywiec P. 2004. Relationship between orogenesis and foreland inversion - Late Cretaceous evolution of the Mid-Polish Trough and the Carpathian orogenic belt. *Terra Nostra*: **5**, 32-35.
- Leinfelder R. R. 1993. Upper Jurassic reef types and controlling factors. A preliminary report. *Profil*, **5**: 1-45.
- Leinfelder R. R., Krautter M., Nose M., Ramalho M. i Werner W. 1993a. Siliceous sponge facies from the Upper Jurassic of Portugal. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, **189**: 199-254.
- Leinfelder R. R., Nose M., Schmid D. U. i Werner W. 1993b. Microbial crusts of the Late Jurassic: composition, palaeoecological significance and importance in reef construction. *Facies*, **29**: 195-230.
- Leinfelder R. R., Werner W., Nose M., Schmid D. U., Krautter M., Laternser R., Takacs M. i Hartmann D. 1996. Paleocology, growth parameters and dynamics of coral, sponge and microbolite reefs from the Late Jurassic. W: Reitner, J., Neuweiler, F., Gunkel, F. (red.): Global and regional controls on biogenic sedimentation. I. Reef Evolution. *Res. Reports. Göttinger Arb. Geol. Paläont.*, **Sb.2**: 227-248.
- Maksym A., Baszkiewicz A., Gregosiewicz Z., Liszka B. i Zdanowski P. 2001. Środowiska sedymentacji i właściwości zbiornikowe utworów najwyższej jury i kredy dolnej rejonu Brzeźówka – Zagorzyce na tle budowy geologicznej S części zapadliska przedkarpackiego. *Przegląd Geologiczny*, **49**, 5: 401-407.
- Matyja B.A. 1977. The Oxfordian in the southwestern margin of the Holy Cross Mts. *Acta Geologica Polonica*, **27**, 1: 41-64.
- Matyja B.A., Gutowski J. i Wierzbowski A. 1989. The open shelf-carbonate platform succession at the Oxfordian/Kimmeridgian boundary in the SW margin of the Holy Cross Mts: stratigraphy, facies and ecological implications. *Acta Geologica Polonica*, **39**, 1-4: 29-48.
- Matyja B.A., Merta T. i Wierzbowski A. 1985. Rozwój sedymentacji i zróżnicowanie facjalne w jurze górnej struktury Zalesia. W: *Materiały symposium - Utwory jurajskie struktury Zalesia i ich znaczenie surowcowe, Piechcin - Barcin*: 19-29.
- Matyja B.A. i Wierzbowski A. 1994. On correlation of Submediterranean and Boreal ammonite zonations of the Middle and Upper Oxfordian: new data from Central Poland. *Geobios, M.S.* **17**: 351-358.
- Matyja B.A. i Wierzbowski A. 1995. Biogeographic differentiation of the Oxfordian and Early Kimmeridgian ammonite faunas of Europe, and its stratigraphic consequences. *Acta Geologica Polonica*, **45**, 1-2: 1-8.
- Matyja, B.A. i Wierzbowski, A. 2000. Biostratigraphical correlations between the Subboreal Mutabilis Zone and the Submediterranean Upper Hypselocyclum – Divisum Zones of the Kimmeridgian: new data from Northern Poland. *GeoResearch Forum*, **6**: 129-136.

- Matyja B. A. i Wierzbowski A. 2004. Stratygrafia i zróżnicowanie facjalne utworów górnej jury Wyżyny Krakowsko – Częstochowskiej i Wyżyny Wieluńskiej. *W: Zróżnicowanie i przemiany środowiska przyrodniczo-kulturowego Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, Przyroda*, **1**: 13-18. Ojców 2004.
- Moore C. H. 2001. Carbonate reservoirs, porosity evolution and diagenesis in a sequence stratigraphic framework. Elsevier Science B.V., Amsterdam. 1-254.
- Morycowa E. i Moryc W. 1976. Rozwój utworów jurajskich na przedgórzu Karpat w rejonie Dąbrowy Tarnowskiej – Szczucina. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, **46**, 1-2: 231-288.
- Olszewska B. 1999. Thin sections microbiostratigraphy of the well Zagórze 6. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, **387**: 149-153.
- Olszewska B. 2001. Stratygrafia malmu i neokomu podłoża Karpat fliszowych i zapadliska w świetle nowych danych mikropaleontologicznych. *Przegląd Geologiczny*, **49**, 5: 451.
- Popadyuk I., Vul M., Ladyzenski Y. i Shpak P. 2005. Petroleum geology of the Ukrainian Carpathian foredeep. *W: Picha, F., Golonka, J. (red.) The Carpathians and their foreland: geology and hydrocarbon resources, American Association of Petroleum Geologists Memoir*, **84** (w druku).
- Roniewicz E. 2004. Jurajskie korale w Polsce. *Tomy Jurajskie*, **2**: 83-98.
- Schmid D.U. 1996. Marine microbolites and microencrusters from the Upper Jurassic. *Profil*, **9**: 101-251.
- Trammer J. 1982. Lower to Middle Oxfordian sponges of the Polish Jura. *Acta Geologica Polonica*, **39**, 1-4: 49-91.
- Trammer J. 1989. Middle to Upper Oxfordian sponges of the Polish Jura. *Acta Geologica Polonica*, **32**, 1-2: 1-39.
- Urbaniec A. i Świetlik B. 2003. Weryfikacja stratygrafii utworów wyższej górnej jury i niższej dolnej kredy w środkowej części przedgórze Karpat w świetle nowych danych mikropaleontologicznych. *Tomy Jurajskie*, **1**: 105-110.
- Werner W., Leinfelder R. R., Fürsich F. T. i Krautter M. 1994. Comparative palaeoecology of marly coralline spongebearing reefal associations from the Kimmeridgian (Upper Jurassic) of Portugal and southwestern Germany. *Sonderdruck CFS-Courier Forschungsinstitut Senckenberg Frankfurt*, **172**: 381-397.
- Zdanowski P., Baszkiewicz A. i Gregosiewicz Z. 2001. Analiza facjalna utworów najwyższej jury i kredy dolnej rejonu Zagorzyc. *Przegląd Geologiczny*, **49**, 2: 161-178.
-